FITXA IDENTIFICATIVA

DADES DE L'ASSIGNATURA

Codi: 34274
Nom: Instrumentació nuclear i de partícules
Cicle: Grau
Crèdits ECTS: 4,5
Curs acadèmic: 2026-27

TITULACIONS

Titulació	Centre	Curs	Periode
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	4	Segon quadrimestre

MATÈRIES

Titulació	Matèria	Caràcter
1105 - Grau en Física	Complements de Física	OPTATIVA

COORDINACIÓ

YAHLALI HADDOU NADIA

RESUM

La Instrumentació Nuclear i de Partícules és una assignatura de caràcter optatiu que s'imparteix en el segon quadrimestre de quart curs dels estudis del Grau en Física. Consta d'un total de 4,5 crèdits ECTS, dels quals 1,5 són teòrics i 3 són de laboratori. Aquesta assignatura forma part de la matèria Complements de Física i permetrà al graduat/da adquirir coneixements bàsics sobre les principals tècniques de detecció i anàlisi de dades en Física Nuclear i de Partícules.

L'assignatura va dirigida a aquells estudiants que desitgen dedicar-se a la Física Nuclear i de Partícules a través del seu vessant experimental. S'ha de ressaltar també la importància de l'assignatura en la formació de bons professionals en camps com la detecció de la radiació, les tècniques nuclears, i les mesures de dosis per les moltes aplicacions tecnològiques en les quals la Física Nuclear i les radiacions incideixen, com per exemple: la medicina (formació de radiofísics hospitalaris), les centrals nuclears, etc. Els estudiants interessats a tenir un primer contacte conceptual i pràctic amb la radiació, els seus mètodes de mesura i instrumentació pròpia, tenen l'oportunitat de fer-lo en aquesta assignatura i en particular en el seu laboratori.

La detecció i mesura de qualsevol tipus de radiació (fotons, neutrons, partícules carregades, ions pesats, etc.) requereix, en primer lloc, d'un coneixement bàsic dels processos fonamentals que tenen lloc quan la radiació travessa la matèria. Aquests processos són la base de tots els sistemes de detecció de partícules

i al mateix temps determinen quin ha de ser el detector idoni en cada cas, així com la seva sensibilitat i eficiència. En l'assignatura s'estudien de forma minuciosa diferents tècniques i tipus de detectors. Així mateix, s'expliquen en les classes teòriques i es manegen en el laboratori els mòduls electrònics necessaris per a la conformació, transport i anàlisi dels polsos elèctrics generats en els detectors. Una part important de l'assignatura està dedicada a l'adquisició i anàlisi de dades, i a l'obtenció de resultats experimentals.

CONEIXEMENTS PREVIS

RELACIÓ AMB ALTRES ASSIGNATURES DE LA MATEIXA TITULACIÓ

No s'ha especificat restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis.

ALTRES TIPUS DE REQUISITS

Els coneixements mínims que els alumnes han adquirit prèviament i que són recomanats per al desenvolupament de l'assignatura són els següents:

- Tractament estadístic de dades, propagació d'errors i mètodes de càlcul numèric, orientats a la física (curs de "Mètodes Estadístics i Numèrics" i laboratoris dels tres primers cursos del Grau).
- Tècniques Informàtiques.
- Electromagnetisme.
- Física Quàntica i Mecànica Quàntica.
- Física Nuclear i de Partícules, incloent el laboratori.
- Estat sòlid.

COMPETÈNCIES / RESULTATS D' APRENENTATGE

1105 - Grau en Física

Capacitat d'aprenentatge: ser capaç d'iniciar-se en nous camps de la física i de la ciència i la tecnologia en general, a través de l'estudi independent.

Cerca de bibliografia: ser capaç de buscar i utilitzar bibliografia en física i altra bibliografia tècnica, així com qualsevol font d'informació rellevant per a treballs d'investigació i desenvolupament tècnic de projectes.

Comunicació oral i escrita: ser capaç de transmetre informació, idees, problemes i solucions mitjançant l'argumentació i el raonament propis de l'activitat científica, utilitzant els conceptes i les eines bàsiques de la física.

Cultura general en física: haver-se familiaritzat amb les àrees més importants de la física i amb enfocaments que comprenguen i relacionen diferents àrees de la física, així com relacions de la física amb altres ciències.

Destreses generals i específiques en llengües estrangeres: haver millorat el domini de l'anglès (o d'una altra llengua estrangera d'interès) mitjançant: accés a bibliografia fonamental, comunicació oral i escrita (anglès cientificotècnic), cursos, estudis a l'estranger, reconeixement de crèdits en universitats estrangeres etc.

Investigació bàsica i aplicada: adquirir una comprensió de la naturalesa de la investigació física, de les formes en què es du a terme, i de com la investigació en física és aplicable a molts camps diferents, per exemple l'enginyeria; habilitat per dissenyar procediments experimentals i/o teòrics per: (i) resoldre els problemes corrents en la investigació acadèmica o industrial; (ii) millorar els resultats existents.

Modelització i resolució de problemes: ser capaç d'identificar els elements essencials d'un procés/situació i d'establir-ne un model de treball. Ser capaç de realitzar les aproximacions requerides amb l'objecte de reduir un problema fins a un nivell manejable. Pensament crític per construir models físics.

Posseir i comprendre els fonaments de la física en els aspectes teòrics i experimentals, així com el bagatge matemàtic necessari per a la seua formulació.

Que els estudiants hagen demostrat posseir i comprendre coneixements en una àrea d'estudi que parteix de la base de l'educació secundària general, i se sol trobar a un nivell que, si bé descansa en llibres de text avançats, inclou també alguns aspectes que impliquen coneixements procedents de l'avantguarda del seu camp d'estudi.

Que els estudiants hagen desenvolupat aquelles habilitats d'aprenentatge necessàries per a emprendre estudis posteriors amb un alt grau d'autonomia.

Que els estudiants puguen transmetre informació, idees, problemes i solucions a un públic tant especialitzat com no especialitzat.

Que els estudiants sàpien aplicar els seus coneixements al seu treball o vocació d'una forma professional i posseïsquen les competències que solen demostrar-se per mitjà de l'elaboració i defensa d'arguments i la resolució de problemes dins de la seua àrea d'estudi.

Que els estudiants tinguen la capacitat d'arreplegar i interpretar dades rellevants (normalment dins de la seua àrea d'estudi) per emetre judicis que incloguen una reflexió sobre temes rellevants d'índole social, científica o ètica.

Resolució de problemes: ser capaç d'avaluar clarament els ordres de magnitud, de desenvolupar una percepció de les situacions que són físicament diferents però que mostren analogies, per permetre, doncs, l'ús de solucions conegudes a problemes nous.

Saber aplicar els coneixements adquirits a l'activitat professional, saber resoldre problemes i elaborar i defensar arguments, recolzant-se en els dits coneixements.

Ser capaç de reunir i interpretar dades rellevants per emetre judicis.

DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

1. INTRODUCCIÓ

Tema 1. Introducció
Conceptes bàsics: secció eficaç, recorregut lliure mitjà, longitud reduïda. Pèrdua d'energia de les partícules

en col·lisions atòmiques: Fórmula de Bethe-Bloch. Abast. Pèrdua d'energia d'electrons i positrons: energia crítica i longitud de radiació. Interacció dels fotons. Formació de la cascada electromagnètica. La interacció dels neutrons.

2. DETECTORS BÀSICS

Tema 2. Característiques generals dels detectors
Sensibilitat. Resposta del detector. Resolució energètica. Funció resposta: desconvolució dels espectres. Eficiència. Temps mort.

Tema 3. Detectors gasosos d'ionització
Principi bàsic. Difusió i deriva d'electrons i ions. Formació del devessall i factor de multiplicació. Càmera d'ionització. Detector proporcional. Càmera de multifils (MWPC). Càmera de deriva. Càmera de projecció temporal (TPC). Exemples.

Tema 4. Detectors de centelleig
Característiques generals. Centelleadors orgànics i inorgànics. Resposta lluminosa i linealitat. Eficiència intrínseca per a radiacions. Elements bàsics d'un tub fotomultiplicador (PM). Paràmetres d'operació: tensió d'alimentació i guany. Linealitat. Corrent fosc. Factors externs. Acoblament centelleador-PM. Exemples.

Tema 5. Detectors de semiconducció
Propietats bàsiques dels semiconductors. Semiconductors dopats. La unió p-n: formació de la regió de desertització. Detectors de barrera superficial.

3. ELECTRÒNICA NUCLEAR

Tema 6. Senyals elèctrics en Física Nuclear
Terminologia. Senyals analògics i digitals. Senyals ràpids i lentes. Domini de freqüències. Ample de banda.

Tema 7. Electrònica per al processat de senyals
L'estàndard NIM. Transmissió de senyals mitjançant cables coaxials. Impedància característica del cable coaxial. Reflexió del senyal i ajustament d'impedàncies. Preamplificadores. Amplificadors. Filtres de polsos: circuits CR i RC. Xarxes conformadores en amplificadors: circuits CR-RC i CR-RC-CR. Mòduls d'Electrònica Nuclear: generadors de polsos, portes lineals, línies de retards, discriminadors, convertidors analògic-digital (ADC), convertidors temps-amplitud (TAC), unitats de coincidències, generadors de portes i retards.

Tema 8. Tècniques de mesura en Instrumentació Nuclear
Portes lògiques. Selecció d'altura de polsos i sistemes de recompte. Tècniques de coincidències. Ajustament de retards. Coincidències accidentals. Exemples de "triggers". Mètodes de mesura d'intervals temporals.

4. PRÀCTIQUES DE LABORATORI

Bloc 1. Detectors de centelleig i fotomultiplicadors

-Estudi de l'efecte Compton.

Verificació de la llei de Compton. Constant de Compton. Mesura de la secció eficaç diferencial en funció de l'angle (fórmula de Klein-Nishina). Mesura de l'energia de l'electró de reculada.

-Coincidències gamma-gamma i correlacions angulars.
Estudi de correlacions de la radiació gamma: angular i temporal. Tècniques de coincidències: mòdul de coincidències, coincidència retardada (TAC), la tècnica de la porta lineal. Efectes de la grandària del detector. Mesura de vides mitges d'estats nuclears.

-Estudi de la radiació còsmica i determinació de la vida mitja del muó.
Dependència angular del flux de llamps còsmics. Component dura i blana de la radiació. Mesures temporals: determinació de la vida mitja del muó.

Bloc 2. Detectors gasosos d'ionització i detectors de semiconducció

-Espectroscòpia de Raigs-X mitjançant un comptador proporcional.
Característiques físiques de l'emissió de llamps-X. Llei de Moseley. Fluorescència de raigs-X. Interpretació dels espectres. Identificació de materials.

-Espectroscòpia beta mitjançant un detector de Silici.
Desintegració beta nuclear. Electrons de conversió interna. La funció resposta. Desconvolució dels espectres. Tractament del senyal i del fons. Plots de Kurie. Coeficients de conversió interna. Massa de núclids.

-Espectroscòpia alfa mitjançant un detector de Silici.
Desintegració alfa nuclear. Pèrdua d'energia de partícules alfa: coure, níquel i aire. Poder de frenat. Corba abast-energia. Distribució de Landau. Convolució amb la funció resposta del detector.

VOLUM DE TREBALL (HORES)

ACTIVITATS PRESENCIALS

Activitat	Hores
Teoria	15,00
Laboratori	30,00
Total hores	**45,00**

ACTIVITATS NO PRESENCIALS

Activitat	Hores
Assistència a altres activitats	1,50
Elaboració de treballs individuals o en grup	20,00
Estudi i treball autònom	13,00
Preparació de classes	13,00
Preparació d'activitats d'avaluació	20,00
Resolució de casos pràctics	0,00
Total hores	**67,50**

METODOLOGIA DOCENT

L'assignatura té dues parts amb una metodologia bé diferenciada: 1) Teoria i problemes (classes de pissarra) i 2) Laboratori, on s'aprenen a manejar els sistemes de detecció, tractament de dades i tècniques informàtiques. El desenvolupament de les classes és el següent:

1. **Teoria i qüestions de caràcter pràctic**. Els crèdits de teoria i qüestions pràctiques s'estructuren en classes d'una hora, un total de 15 classes a raó de dues o tres classes per setmana a l'inici del vuitè quadrimestre. La metodologia de treball es pot classificar en els següents apartats:
    1. **Temes de teoria**. Les lliçons o temes pròpiament dits seran explicats pel professor segons el model de lliçó magistral. Cada tema conté els conceptes i explicacions necessàries per a la posterior resolució de problemes i per a ser aplicats en la part de laboratori. L'ús de les noves tecnologies (presentacions electròniques) és especialment apropiat per a aquesta assignatura, donat l'elevat contingut d'esquemes, taules, gràfics presentant resultats experimentals i/o comparances amb les prediccions teòriques, diagrames, fotografies de dispositius experimentals i aplicacions pràctiques, i tot tipus de material visual que permeta a l'alumnat relacionar els continguts amb les seues aplicacions. Aquestes presentacions poden ser utilitzades com apunts del professor, però de cap manera el treball individual de l'alumnat ha de restringir-se a ells. L'ús de la bibliografia resulta fonamental per a comprendre els continguts i arribar a els objectius de l'assignatura. L'alumnat tindrà accés, amb antelació a l'inici de cada tema, a les diapositives del professor a través de l'Aula Virtual
    2. **Resolució de problemes i qüestions pràctiques**. Aquesta part té una doble vessant, contempla fonamentalment l'estudi individual i la participació de l'alumnat en classe. L'alumnat disposa d'una col·lecció de problemes que han de resoldre i exposar (almenys aquells més significatius) als seus companys. Aquest també pot plantejar exercicis que considere interessants i que no formen part de la col·lecció.
2. **Pràctiques de laboratori**. Les pràctiques de laboratori són la millor eina docent per a complementar i il·lustrar els continguts de l'assignatura discutits en les classes teòric-pràctiques i al mateix temps familiaritzar als alumnes amb equips i tècniques de mesura, així com instruir-los en el mètode científic. Les pràctiques es realitzaran en 10 sessions de 3 hores, a raó de dues sessions per setmana, una vegada hagen finalitzat les classes de teoria, és a dir en les setmanes 9 a 13 del quadrimestre. L'alumnat, en grups de dos o tres, realitzarà dues pràctiques completes (una de cada bloc), des del seu muntatge inicial fins a obtenir tots els resultats i informació que d'elles es puga extraure, passant pel calibratge i determinació de les eficiències dels instruments, l'adquisició de dades i la seua anàlisi, ajustaments de les distribucions, anàlisi exhaustiva dels errors i obtenció de resultats. Tot això ha de quedar plasmat en la memòria que de les pràctiques s'ha de presentar. L'alumnat disposarà, amb l'antelació suficient, d'un manual

de pràctiques que els servirà de guia per a la realització dels experiments. El professor supervisarà la comprensió d'aquest guió i orientarà a l'alumnat sobre aquells aspectes conceptuals o tècnics necessaris per a realitzar correctament el muntatge, adquisició i anàlisi de dades. Cada alumne haurà de tenir una llibreta de laboratori en la qual quedarà reflectida tota la informació corresponent al treball realitzat. L'assistència a les classes de laboratori és obligatòria i la presentació de les memòries és condició necessària per a superar l'assignatura.

AVALUACIÓ

L'avaluació dels coneixements adquirits per l'estudiant serà en base a:

1. **Examen escrit.** L'examen és obligatori i constituirà el 30% de la nota final. L'examen constarà de: test de 10 preguntes (en cada pregunta una opció correcta davant tres falses) i un conjunt de qüestions curtes de caràcter teòric-pràctic. El valor del test i de cadascuna de les qüestions s'especificarà en el propi examen. Per a la realització de l'examen no es permetrà l'ús de llibres ni apunts. Es requerirà una nota mínima de 4/10 per fer mitjana amb la resta de qualificacions, en cas contrari l'assignatura no estarà aprovada.
2. **Treball personal teoricopràctic.** Constituirà el 20% de la nota final. Es proposaran a través d'Aula Virtual una sèrie de qüestionaris i problemes relacionats amb els continguts de l'assignatura. Els alumnes hauran de lliurar les resolucions conforme vaja avançant el temari de teoria. No s'estipula nota mínima en aquest apartat per fer mitjana amb la resta de qualificacions.
3. **Pràctiques de Laboratori.** Constituirà el 50% de la nota final. L'assistència a les sesions de pràctiques és obligatòria (activitat no recuperable). Les pràctiques es realitzaran preferentment per parelles. Els crèdits de laboratori s'avaluaran mitjançant el seguiment del treball desenvolupat en el propi laboratori i el lliurament dels corresponents informes, en format memòria i/o pòster. Els informes de les pràctiques han d'incloure: breu introducció, fonament teòric, instrumental utilitzat, metodologia, tractament de les dades (taules, errors, gràfiques, ajustos, etc.), resultats, conclusions i bibliografia. Els informes es lliuraran com a màxim el dia de l'examen de teoria de la corresponent convocatòria. Es requerirà una nota mínima de 5/10 per fer mitjana amb la resta de qualificacions, en cas contrari l'assignatura no estarà aprovada.
4. La qualificació final ha de ser igual o superior a 5/10 per superar l'assignatura.

Aquests criteris d'avaluació són comuns a la primera i segona convocatòries.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- W.R. Leo. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments. Springer-Verlag, 1987, 2 edició 1994.
- G.F. Knoll. Radiation Detection and Measurement. John Wiley and Sons, 1979. 4ª Edició 2010
- N. Tsoulfanidis. Measurement and Detection of Radiation, 1983. CRC Press, 5a edicio 2021

Bibliografia del laboratori:

- M.V. Castillo, E. Higón. Manual de Prácticas de Instrumentación Nuclear (incluye bibliografía específica de cada práctica)
- Manuales de operación de los distintos módulos y detectores.
- Photomultiplier Tube. Pinciple to Aplication. Editado por Hamamatsu, 1994.
- J.F. Ziegler. Helium. Stopping Powers and Ranges in All Elemental Matter. Vol 4 of "The Sttoping and Ranges of Ions in Matter". Pergamon Press, 1977.

Complementaries:

- R.C. Fernow. Introduction to Experimental Particle Physics. Cambridge University Press, 1992.
- W.F. Horniak. Nuclear Structure. Academic Press. 1975.
- D.H. Perkins. Introduction to High Energy Physics. Addison-Wesley, 1987.
- D. Green. The Physics of Particle Detectors. Ed. Cambridge University Press, 2000.
- Instrumentation in Elementary Particle Physics. VIII ICFA School, Istambul (Turkey) 1999.
- Experimental Techniques in High-Energy Nuclear and Particle Physics. Editado por Thomas Ferbel. World Scientific. 1987, Reprinted 1999.
- R. Guardiola, E. Higón, J. Ros. Mètodes Numèrics per a la Física. Ed. Universitat de València, 1995.
- L. Lyons. Statistics for Nuclear and Particle Physicits. Ed. Cambridge University Press.1989.
- A.G. Frodesen, O. Skjeggestad and H. Tofte. Probability and statistics in particle physics. Ed. Universitetsforlaget, 1979.
- Ph.D. Bevington. Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. Mc Graw Hill Book Co. 1969, 1995.

Webs:

- CERN (European Laboratory for Particle Physics), http://www.cern.ch/
- Fermilab (Fermi National Laboratory), http://www.d0.fnal.gov/
- SLAC (Stanford Linear Accelerator Center), http://www.slac.stanford.edu/
- LBNL particle adventure, http://ParticleAdventure.org/
- Links to particle physics sites, http://sg1.hep.fsu.edu/~wahl/Quarknet/index.htm
- Fermilab particle physics tour, http://www.fnal.gov/pub/tour.html
- Brookhaven Nuclear data base, http://www.nndc.bnl.gov/
- PDG, Particle Data Group, http://pdg.lbl.gov/
- Lund/LBNL Nuclear Data Search, http://nucleardata.nuclear.lu.se/nucleardata/toi/
- Lund/LBNL Table of Isotopes, http://ie.lbl.gov/toi.htm
- Laboratoire National Henri Becquerel, http://www.lnhb.fr/en/